

氣壓錶式波以耳實驗

一、實驗目的：

測量大氣壓力下的氣體經過壓縮後的壓力和體積，再利用波以耳定律反求大氣壓力。

二、實驗原理：

西元 1660 年，英國科學家波以耳 (R, Boyle) 提出氣體在定溫下，體積和壓力之間的關係。波以耳實驗的儀器裝置如圖 1 所示，他發現當氣體的壓力增加時，體積就縮小，波以耳定律 (Boyle's law) 敘述定量氣體在定溫時，其體積和壓力間呈反比關係，數學表示法為

$$PV = K \quad (1)$$

其中 K 為常數，其值視所給予之條件而定。

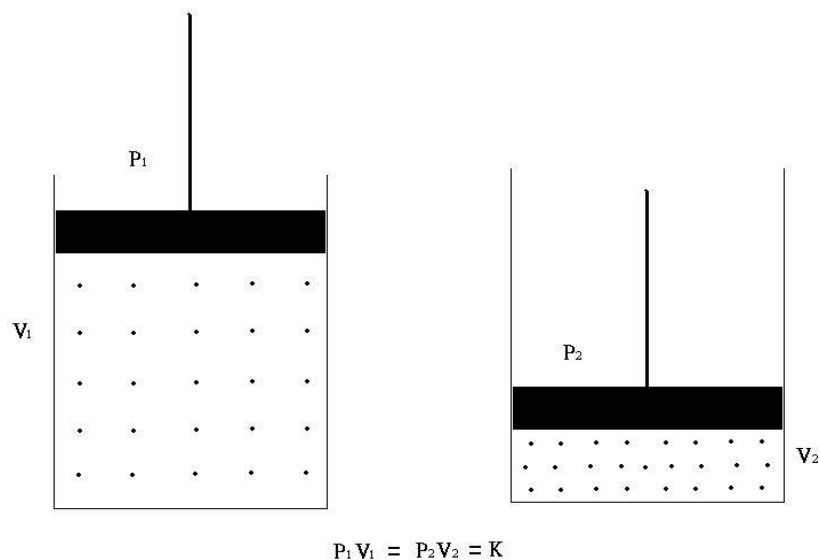


圖 1

• 查理-給呂薩克定律：

一定容的查理-給呂薩克定律指出：密閉容器內的低密度氣體，若氣體體積 V 維持不變，其壓力 p 與絕對溫度 T 成正比。 $p/T = \text{定值}$ 。

一定壓的查理-給呂薩克定律指出：密閉容器內的低密度氣體，若氣體壓力 p 維持不變，其體積 V 也與絕對溫度 T 成正比。 $V/T = \text{定值}$ 。

• 1811 年義大利人亞佛加厥發表了「亞佛加厥假說」，提出了分子的概念：

- ① 相同溫度和相同壓力下，同體積的一切氣體都含有相同數目的分子。
- ② 1 莫耳的任何氣體，在 0°C、1 大氣壓下，均佔有 22.4 升之體積。
- ③ 一莫耳所含有的粒子數目，通常以 N_0 表示，稱為亞佛加厥數。 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

綜合波以耳和查理-給呂薩克定律、亞佛加厥假說，當氣體處於低密度狀態時，可得

$$\frac{PV}{T} = \text{定值} = nR, \text{ 即 } PV = nRT$$

稱為理想氣體方程式。

其中 n 是氣體莫耳數， R 是與氣體種類無關之常數，稱為理想氣體常數。其值為

$$R = 0.0820 \text{ atm} \cdot \text{l} / \text{mol} \cdot \text{K}$$

本實驗是測量大氣壓力下的氣體經過壓縮後的壓力，再利用波以耳定律反求大氣壓力，因此在封閉容器中的氣體莫耳數不變，實驗溫度也大約相同，故 nRT 成為一定值，即是波以耳定律。

由波以耳定律可知，氣體壓縮前與壓縮後的壓力和體積關係為：

$$P_0 V_0 = P_{in} V_{in} = K \quad (2)$$

又本實驗用壓力計顯示讀數 P 是封閉容器內壓力 P_{in} 扣除大氣壓力 P_0 的結果 $P = P_{in} - P_0$

即 $P_{in} = P + P_0$ 。則式(2)可改寫為

$$P_0 V_0 = (P + P_0) V_{in} \quad (3)$$

經過移項化簡可得

$$P_0 = \frac{V_{in}}{V_0 - V_{in}} P \quad (4)$$

又圓柱體積為圓面積乘上高，故 $\frac{V_{in}}{V_0 - V_{in}}$ 可約分 πr^2 化簡為 $\frac{L_{in}}{L_0 - L_{in}}$ 得到

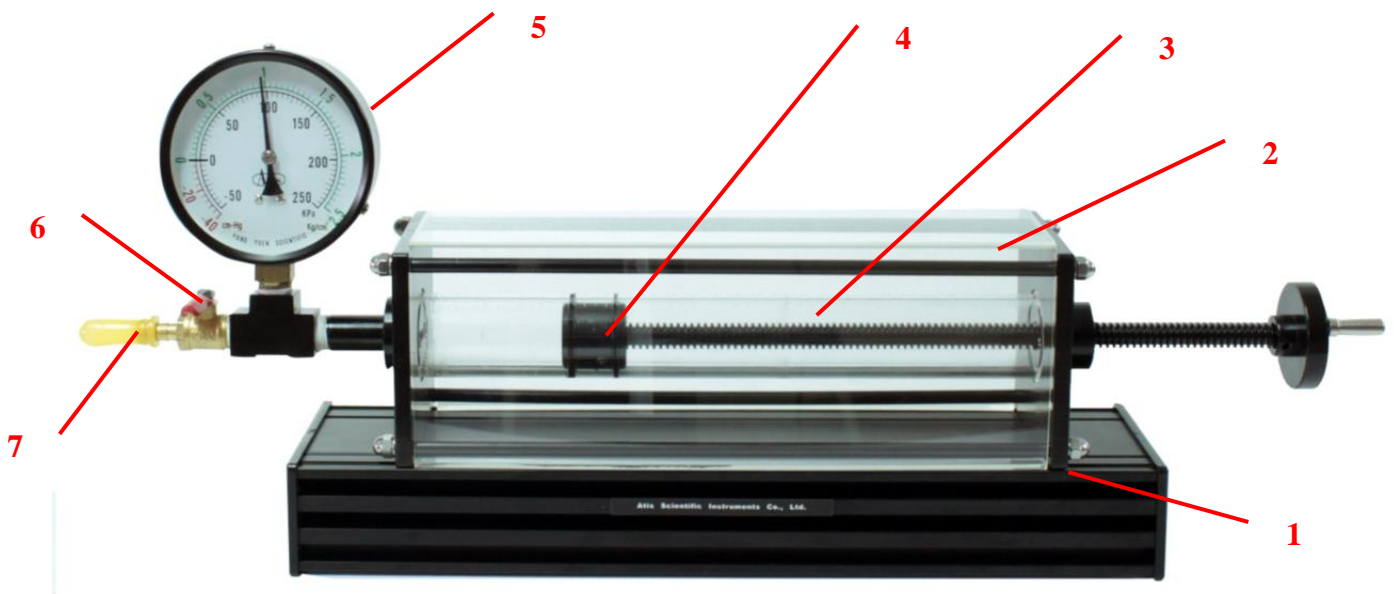
$$P_0 = \frac{L_{in}}{L_0 - L_{in}} P \quad (5)$$

如此即可經由測量壓縮後的壓力和空氣柱長度，反求大氣壓力。

三、實驗儀器：

| 實驗儀器列表 | | | | | |
|--------|--|----|----|----------|----|
| 編號 | 儀器名稱 | 數量 | 編號 | 儀器名稱 | 數量 |
| 1. | 實驗台座(含固定架) | 1 | 2. | 保護罩 | 1 |
| 3. | 精密加壓氣筒 | 1 | 4. | 微調式加壓活塞桿 | 1 |
| 5. | 指針壓力計(單位：cmHg、KPa、Kg/cm ²) | 1 | 6. | 開關氣閥 | 1 |
| 7. | 洩氣膠套 | 1 | 8. | | |

實驗儀器對照圖



注意事項：

1. 負壓操作範圍 0~10cm。正壓操作範圍 0~25cm。
2. 精密加壓氣筒內活塞塗有少許潤滑油，提供活塞更順暢移動並長久使用。
3. 洩氣膠套使用時機為加壓確定後，再套上於開關氣閥接頭，並卡進一格溝槽即可洩氣，可以保護指針回彈過大造成損壞。未加壓操作過程請勿套上洩氣膠套。

四、實驗步驟：

1. 將氣閥打開(把手平行氣管為開，垂直為關)，旋轉右方把手，使活塞向右移動至右方刻度尺 24cm 位置 (以活塞前端橡皮套對準刻度如圖 2)。
2. 關閉氣閥，並記錄此時活塞的位置，以及壓力計起跳位置 (壓力計不一定會從零起跳)。
3. 緩慢旋轉旋鈕，往左壓縮空氣柱 6cm，此時活塞位於右方刻度尺 18cm 位置。
4. 計錄此時壓力計的壓力 kPa 於**實驗數據表一**。(若壓力計不是從零起跳，則壓力必須從起跳位置起算而不是直接看壓力表數值)
5. 緩慢旋轉旋鈕，往左壓縮空氣柱 1cm。記錄此時的壓力於**實驗數據表一**。
6. 根據**實驗數據表一**，重複步驟 5 每壓縮 1cm 記錄下壓力值，共完成 9 筆數據。
7. 由於式(5)求出實驗測得的大氣壓力，沒有考慮壓力計下方至空氣柱之間的空氣體積，所以請參考附註 1，並比較實際上的大氣壓力的誤差。

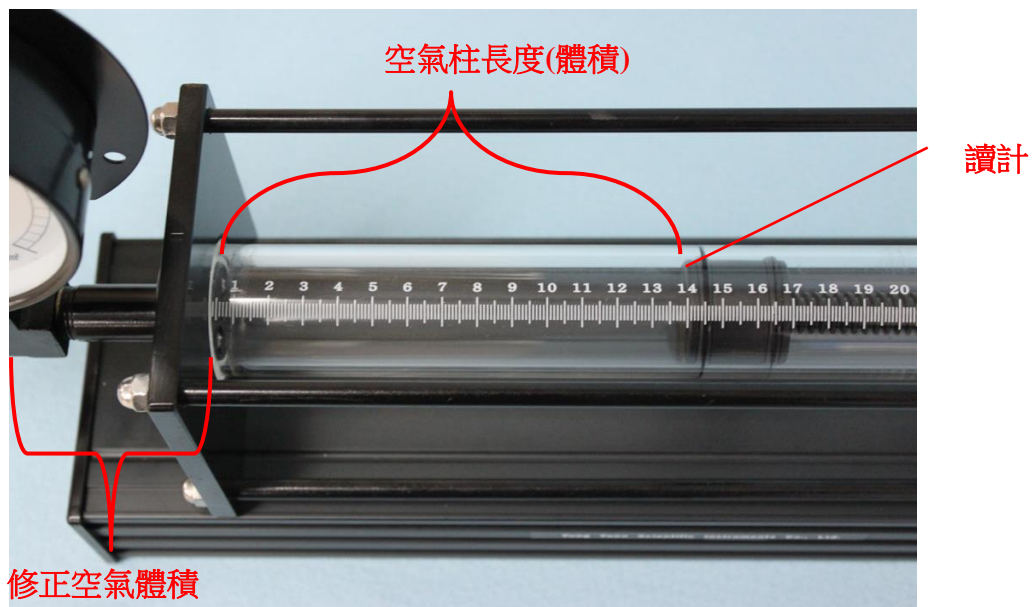


圖 2

注意事項：

1. 使用前，若加壓活塞轉動不順，請先打開氣閥，從氣閥往加壓唧筒裡面噴【噴霧式潤滑劑】。
2. 長時間不使用時，需先噴【噴霧式潤滑劑】在加壓唧筒內，以保護加壓活塞及橡皮墊圈，存放在陰涼無日照的地方。
3. 密閉容器內氣壓與大氣壓力不相同時，若需打開氣閥，必須緩慢打開一小段讓空氣緩慢流出或流入，以免損壞壓力計造成無法準確歸零。
4. 實驗剛開始的步驟 1 務必打開氣閥再伸長空氣柱，以免負壓爆表損壞壓力計。
5. 實驗完後將氣閥打開，管內壓力即釋放，壓力表會回到 0 點附近。

附註：

1. 本實驗儀器壓力計下方連接到精密加壓氣筒的空氣柱中間有一部份空氣，必須考慮進去，所以式(5)須修正為

$$P_0 = \frac{L_{in} + 0.74}{L_0 - L_{in}} P$$

上試中的 0.75 值，為壓力計至空氣柱之間的空氣體積，換算成同為精密加壓氣筒空氣柱的單位長度值。

實驗數據表格(一)

環境溫度_____°C

環境大氣壓力_____KPa

氣柱初始長度_____cm

壓力計初始刻度_____ Kgf/cm^2

| 氣柱長度 (cm) | 氣壓計讀數 P (Kgf/cm^2) | 換算 P 值 (KPa) | 計算大氣壓力 P_0 (KPa) | 誤差百分率 (%) |
|--------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|
| 18 | | | | |
| 17 | | | | |
| 16 | | | | |
| 15 | | | | |
| 14 | | | | |
| 13 | | | | |
| 12 | | | | |
| 11 | | | | |
| 10 | | | | |
| | | 平均值 | | |

註：大氣壓力： $1\text{ ATM} = 1.0336\text{ kg/cm}^2 = 76\text{ cmHg} = 1.01325\text{ bar}$

$= 14.969\text{ psi} = 1.01325 \times 10^5\text{ pascal} = 1.033228\text{ Kgf/cm}^2$